

Сколько лет окаменелостям?

Шарат Кумар Рой

HOW OLD ARE FOSSILS?

BY

SHARAT K. ROY

ASSISTANT CURATOR OF INVERTEBRATE PALEONTOLOGY



GEOLOGY

LEAFLET 9

FIELD MUSEUM OF NATURAL HISTORY

CHICAGO

1927

Электронная книга проекта "Гутенберг" Сколько лет окаменелостям?

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Сколько лет окаменелостям?

Автор: Шарат Кумар Рой

Дата выхода: 21 ноября 2023 [Электронная книга №72188]

Язык: Английский

Оригинальная публикация: Чикаго, Иллинойс: Полевой музей естественной истории, 1927

Кредиты: Команда онлайн-распространяемой корректуры по адресу <https://www.pgdp.net> (Этот файл создан на основе изображений, щедро предоставленных интернет-архивом)

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА" СКОЛЬКО ЛЕТ ОКАМЕНЕЛОСТЯМ?

СКОЛЬКО ЛЕТ ОКАМЕНЕЛОСТЯМ?

АВТОР: ШАРАТ К. РОЙ,
ассистент куратора отдела палеонтологии беспозвоночных



Геология
Брошюра 9

ПОЛЕВОЙ МУЗЕЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ
ЧИКАГО

1927

СПИСОК ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БРОШЮР , ВЫПУЩЕННЫХ НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ

№ 1. Модель золотого рудника Аризоны	\$.10
№ 2. Модели доменных печей для выплавки чугуна	.10
№ 3. Янтарь — его физические свойства и Геологическое залегание	.10
№ 4. Метеориты	.10
№ 5. Почвы	.10
№ 6. Луна	.10
№ 7. Ранняя геологическая история Чикаго	.25
№ 8. .	.50
№ 9. Сколько лет окаменелостям?	.25

Д. К. ДЭВИС, директор

ПОЛЕВОЙ МУЗЕЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ
ЧИКАГО, США

БРОШЮРА 9.ТАБЛИЧКА I.



ВИД НА БОЛЬШОЙ КАНЬОН РЕКИ КОЛОРАДО, АРИЗОНА.

ЗОРОАСТР НА ЗАДНЕМ ПЛАНЕ.

Фотография О. К. Фаррингтона.

Полевой музей естественной истории

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Чикаго, 1927 г.

Листовка № 9

Сколько лет окаменелостям?

“Сколько лет этой окаменелости и откуда вы это знаете?” - этот вопрос часто задают посетители, проходящие через зал окаменелостей в музее. Точный ответ на такой вопрос невозможен, а для получения адекватного ответа требуется больше времени, чем обычно можно себе позволить. Последствия неадекватного объяснения часто оказывались неудовлетворительными. Посетитель становится скептическим и вместо того, чтобы проявить интерес к предмету, он, кажется, утверждает в своих сомнениях.

В этой брошюре дается сжатое, общее изложение методов определения возраста древней жизни. Информация почерпнута из работ различных авторов, особенно из книги Баррелла “Ритмы и измерения геологического времени”. Он предназначен для тех, кто интересуется эпохой прошлой жизни, но при этом не намеревается исчерпывающе изучать предмет и не имеет свободного доступа к соответствующей литературе.

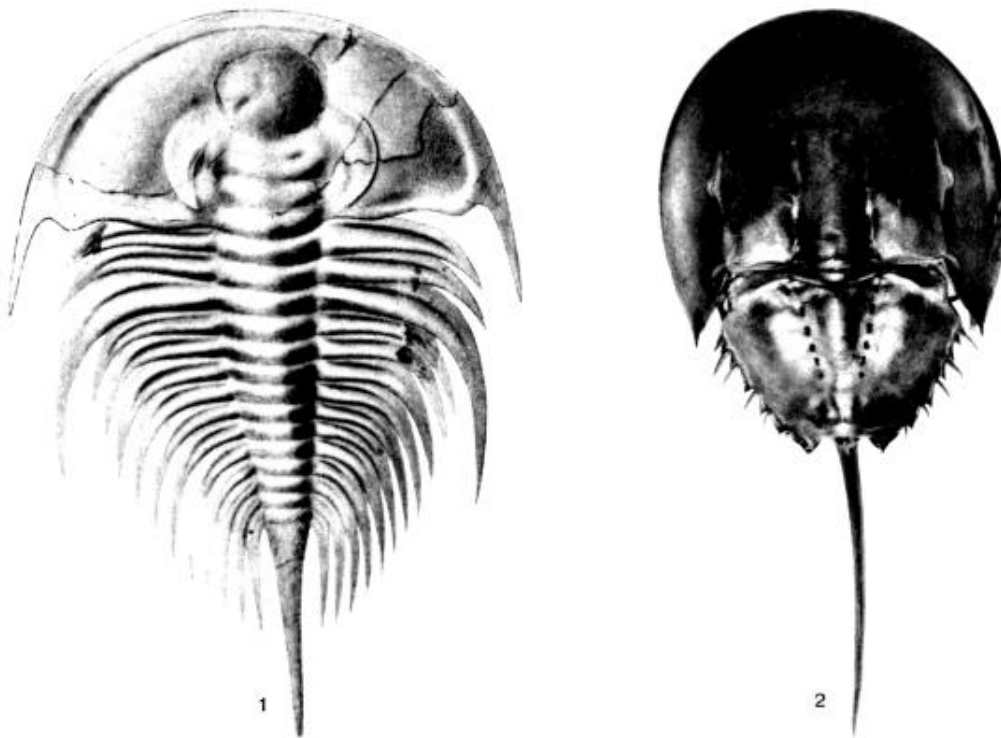
Зарождение жизни было самым знаменательным событием в истории земли. Когда рассматриваешь мириады свидетельств, обнаруженных палеонтологами и палеоботаниками, кажется, что они не оставляют места для сомнений в великой концепции о том, что жизнь на суше возникла из моря. Поэтому вполне естественным побуждением является поиск остатков этой жизни в скалах, сложенных древними морями, и удивление необъятности времени, стоящего за ними.

Поскольку следы низших форм жизни были обнаружены практически в древнейших известных осадочных слоях, проблема определения возраста жизни обязательно включает определение возраста этих слоев. Но разгадать мертвое прошлое - непростая задача. Тот, кто пытается раскрыть “тайны кладбища мертвых Природы”, идет по темной дороге. У него много трудностей. Это все равно что пересечь глубокий ров, взобраться на отвесную стену.

Для оценки возраста различных периодов истории Земли применялись различные методы, и был достигнут значительный прогресс в направлении успешного решения проблемы. В целом процедура применения различных методов одинакова. Они принципиально не отличаются друг от друга. “Темпы определенных изменений в настоящее время определяются настолько точно, насколько это возможно, и в воображении соответствующие процессы прослеживаются назад во времени до тех пор, пока не будут достигнуты предельные условия”. До эпохального открытия радия двумя наиболее выдающимися методами, использовавшимися для расчета геологического времени, были (1) скорость эрозии и осаждения суши и (2) скорость извлечения соли (хлорида натрия) из суши и ее накопления в океанах. Теоретически, несложно использовать скорость, с которой отложения или растворы собираются в океане, в качестве “геологических часов” для оценки продолжительности прошедшего времени. Но на практике

каждый метод сталкивается со своими трудностями, и полученные результаты дают нам в лучшем случае лишь приблизительное представление о затрачиваемом огромном времени. Я не буду касаться этих индивидуальных оценок, но приведу среднее значение для нескольких, которое, говоря кратко, составляет 100 000 000 лет. Как говорилось ранее, это лишь приблизительная оценка. Тем не менее, это подтверждает тот факт, что земля очень старая — действительно, намного старше, чем принято считать. В 1650 году епископ Ашер в своей интерпретации “В начале” Книги Бытия подсчитал, что земля была сотворена за 4004 года до рождения Христа. Согласно этой точке зрения, земле сегодня 5931 год. Многие космогонисты и даже некоторые геологи 19 века считали, что эта библейская интерпретация соответствует возрасту Земли. Другие древние религии утверждали, что земля была создана гораздо раньше 4004 года до н.э. Хаттон, один из основоположников геологии, в своих исследованиях не обнаружил “ни намека на начало, ни перспективы конца”. Нельзя не посочувствовать Хаттону. Тот, кто совершал поездку в Гранд-каньон реки Колорадо, Аризона, должен помнить внушающую благоговейный трепет глубину палеозойских слоев и тысячи футов протерозойских отложений под ними ([стр. I](#)). Если он путешествовал дальше на север, к Кабинетному хребту, штат Монтана, он, должно быть, унес с собой неизгладимое впечатление от 35 000-футового скалистого монумента, воздвигнутого там протерозойскими морями.

БРОШЮРА 9. ТАБЛИЦА II.



СРАВНЕНИЕ ДРЕВНЕГО И СОВРЕМЕННОГО МОРСКОГО ЖИВОТНОГО РОДСТВЕННЫХ ГРУПП.

1, КЕМБРИЙСКИЙ ТРИЛОБИТ (ПО УОЛКОТТУ).

2, СОВРЕМЕННЫЙ МЕЧЕХВОСТ.

Нынешняя скорость денудации в районе Гудзонова залива составляет один фут примерно за 47 000 лет. Сколько же времени тогда потребовалось морям, чтобы отложить эти мили отложений,

которые составляют лишь малую часть всей геологической толщи? Рассмотрев все это, можем ли мы оценить, хотя бы приблизительно, огромный промежуток времени, прошедший между этими периодами осадконакопления, так называемыми “промежутками” или ”разрывами” — разорванными, неразборчиво исписанными страницами истории земли? Действительно, бывают моменты, когда всем может показаться, что это намного выше их понимания. Но человек по своей природе одновременно скромн и возвышен. Он готов признать свое поражение, но его жажда получить новые знания, познать истину никогда не бывает насыщена.

Причину неспособности достичь абсолютного результата искать не так уж далеко. При вычислении геологического времени необходимо вычислить то, что прошло, с помощью некоторого процесса в природе, который происходит только в одном направлении и который не меняет своей скорости при изменении условий. Каким бы ни был применяемый метод, будь то отложение осадков, или сбор растворов, или потеря тепла солнцем и землей, скорость его действия должна быть равномерной и непрерывной. Это должно быть независимо от меняющихся условий на земле. Равномерность темпа действий является критерием точного расчета. Но мы знаем, что прошлое сильно отличалось от настоящего. В разное время на протяжении истории земли существовали разные условия. Конфигурация земли, ее климат, влажность, температура и многие другие факторы менялись время от времени, и вместе с ними скорость эрозии, отложений и растворения либо ускорялась, либо уменьшалась, либо прекращалась. Доктрина униформизма не может быть принята в меняющемся мире, даже несмотря на то, что наши знания о земле прошлого могут быть получены только из более полного изучения земли настоящего.

Когда мы рассматриваем скорость осаждения как метод оценки геологического времени, мы берем общую наблюдаемую толщину геологической толщи (по оценкам, она составляет 70 миль) и делим ее на скорость, с которой в настоящее время откладываются отложения. Но знаем ли мы этот показатель? Взяв среднюю скорость осаждения девяти крупных рек,^[1] существующих в настоящее время, и предположив, что это скорость, с которой наносы откладывались в прошлом, можно прийти к приблизительному выводу. Но из цифр скорости осаждения различных рек можно заметить, что они сильно различаются, причем самая высокая во много раз превышает самую низкую. Можем ли мы тогда использовать среднее значение из девяти цифр, столь непропорциональное, и все же ожидать надежного количественного значения? Кроме того, скорость осаждения вдоль побережья, недалеко от устья большой и активной реки, намного выше, чем на береговой линии, где реки не сбрасывают свои отложения в море. Скорость также в значительной степени зависит от характера отложений. Песчаник и сланец осаждаются быстрее, чем известняк. Более того, точно так же, как нет сведений о продолжительности эрозии между периодами осадконакопления, также нет данных о количестве детрита, который упал с края континентального шельфа во время повсеместного возникновения континентов.

[1]

Река	водосбора в квадратных миль	общая тонн ежегодно	соотношение осадка воды в вес	Высота в футах из столбца осадка с основой из 1 квадратный километр
------	-----------------------------------	------------------------	--	---

Река	водосбора в квадратных миль	общая тонн ежегодно	соотношение осадка воды в вес	Высота в футах из столбца осадка с основой из 1 квадратный километр
Потомак	11,043	5,557,250	1: 3,575	4.0
Миссисипи	1,244,000	406,250,000	1: 1,500	241.4
Рио-Гранде	30,000	3,830,000	1: 291	2.8
Уругвай	150,000	14,782,500	1:10,000	10.6
Роны	34,800	36,000,000	1: 1,775	31.1
По	27,100	67,000,000	1: 900	59.0
Дунай	320,300	108,000,000	1: 2,800	93.2
Нила	1,100,000	54,000,000	1: 2,050	38.8
Иравади	125,000	291,430,000	1: 1,610	209.0

Бабб. Наука, том. XXI, стр. 343, 1893.

У нас также нет записей об огромном количестве мелководных отложений, которые были подняты штормовыми волнами и унесены на бездонные глубины течениями и приливами.

Аналогичная неопределенность подстерегает нас, когда мы рассматриваем скорость химической денудации, то есть скорость растворения солей на суше и накопления их в океанах, как показатель геологического времени. Здесь, опять же, мы берем общее количество солей, которое сегодня содержится в океанах, и делим его на текущий уровень годового запаса. Мы с достаточной точностью знаем количество солей в океанах, и если бы можно было предположить, что нынешний уровень поступления является истинным средним значением за все геологическое время, можно было бы получить удовлетворительный возраст океанов. Но это нельзя предполагать как таковое. Предположение такого рода только уведет нас из области точности в область неопределенности. Помимо различных других факторов, ни площадь континентов, ни их рельеф в прошлом не были такими, как сегодня. Следовательно, градиент течения и его способность растворять соли с поверхности суши не были прежними. Также неизвестно, сколько соли было извлечено океаном из береговой линии и из залежей под океаном, равно как и сколько залежей каменной соли на земле выпало в осадок из океанской воды.

Следовательно, очевидно, что скорость любого процесса, которая контролируется таким количеством условий, не может использоваться (даже с учетом значительных погрешностей и недоступных данных) в качестве надежного ориентира для оценки геологического времени. “Это часы, - говорит Харкер, - которые то спешат, то ползут или стоят на месте, и им нельзя доверять как хронометристу”.

Любая оценка, основанная на температуре земли или солнца, сталкивается с аналогичными практическими трудностями, поскольку температура тела может быть непостоянной. Она может повышаться или понижаться. Кроме того, скорость изменения температуры контролируется различными условиями, такими как количество излучаемой энергии, подача энергии и так

далее. Также нет никаких записей об огромном количестве тепла, выделяемого магматическими факторами и радиоактивностью.

Другая оценка, одна из самых ранних, была основана на скорости трансформации жизни в последовательные периоды. Геологические ряды были разделены на двенадцать периодов, и считалось, что для полного изменения видов каждого периода потребовалось 20 000 000 лет, или 240 000 000 лет в целом. Сюда не входит время, за которое у нас нет записей о жизни растений или животных.

Нет никаких разумных споров относительно перехода одного вида в другой. Это ясно проявляется в смене фауны, обнаруживаемой сегодня по всему миру в осадочных породах. Даже самый поверхностный изучающий палеонтологию убежден в этой вопиющей истине. “Жестокую убедительность куска окаменелостей можно ненавидеть и бороться с ней, но нельзя отрицать”. Но когда мы сталкиваемся с вопросом об установлении стандарта измерения геологического времени с помощью этой палеонтологической летописи, точнее, с помощью этого биологического процесса, мы не можем не задуматься о серьезной неопределенности результата. Когда мы фиксируем наш взгляд на трилобите, трехлопастном существе, похожем на краба (Рис. II. 1), который правил морями в смутные дни кембрийского периода (стр. 11), и увидеть, что он был снабжен жабрами и органами плавания, способностями к пищеварению и выделению, специфическими органами кровообращения и размножения, а также двигательными и сенсорными нервами, и сравнить его с одним из представителей его племени, современным мечехвостом (Pl. II рис. 2) мы не обнаруживаем какого-либо заметного прогресса в структуре, сложности или степени специализации. И все же время, прошедшее с кембрия, составляет, по умеренным оценкам, почти 600 000 000 лет! (стр. 11). Геологические данные свидетельствуют о том, что эволюция ожидает изменения окружающей среды, что животные каким-то образом приспосабливаются к окружающей среде, либо отбрасывая или изменяя старые признаки, либо приобретая новые. Тем не менее, так называемые “бессмертные” виды, такие как плеченогие моллюски, лингулы, черепа и теребратулы (Рис. III фиг. 1-3) или пелециподы, такие как пектен, ушная раковина и арка (Рис. III, фиг. 4-6) или брюхоногих моллюсков, таких как *Pleurotomaria*, *Natica* и *Trochus* (Рис. III, рис. 7-9), выдержали все возможные изменения окружающей среды и стойко удерживали свои позиции с тех пор, как у нас появились записи об их очень раннем появлении на земле. Напротив, у нас есть записи о типах, которые так быстро поддавались изменениям, что их эволюция была почти взрывной. Почти непостижимо, как за такой ограниченный период времени рыбы превратились в амфибий, амфибии - в рептилий, а рептилии - в птиц и млекопитающих (Pl. IV инжир. 1-4). Когда мы сталкиваемся с этими противоречивыми свидетельствами, зная, что весь органический мир был подвержен периодам длительного застоя по всей земле и быстрым интенсивным изменениям, вполне можно задуматься, в наших ли силах установить стандарт для измерения геологического времени на основе свидетельств трансформации жизни. Изучение последовательности фаун - смены одного вида другим — может указывать только на величину затраченного времени. Оно не может предоставить никакой основы для конкретного выражения геологического времени.

За последние три десятилетия был обнаружен ряд радиоактивных превращений одного химического элемента в другой, и исследования определенных минералов и горных пород, содержащих различные радиоактивные элементы, позволили с поразительной точностью рассчитать их возраст. “Исследование различных радиоактивных элементов, содержащихся в

минералах и горных породах, - говорит Харкер, - показало, что в определенных благоприятных случаях можно напрямую рассчитать их возраст в годах”.

Радиоактивные минералы обычно встречаются в магматических породах. Они широко распространены по всему миру. Родоначальниками целого ряда радиоактивных элементов являются уран и торий. Они обладают наибольшим атомным весом из всех известных элементов. Каждый из этих исходных элементов трансформируется путем последовательности изменений. Конечным продуктом урана является образование металлического свинца и газообразного гелия. Эти преобразования происходят только в одном направлении, то есть от элемента с более высоким атомным весом к элементу с более низким атомным весом. Также было неоспоримо продемонстрировано, что эти превращения не изменяются никакими процессами вообще и что они не зависят от температуры, давления или любого другого физического или химического состояния. Было обнаружено, что температура до 2500 ° C и давление до 600 тонн на квадратный дюйм не влияют на скорость трансформации. Таким образом, время, рассчитанное на основе этих процессов, дает более надежный результат, чем результат, полученный любым другим известным до сих пор методом. Подробное описание того, как металлический уран медленно и регулярно распадается по нисходящей последовательности на металлический свинец и газообразный гелий, можно найти в литературе по радиоактивности. Для нашей цели достаточно сказать, что, согласно Барреллу, распадающийся атом урана в конечном итоге даст в качестве стабильного продукта восемь атомов гелия и один атом свинца. Поскольку скорость трансформации известна, данные для расчета возраста минерала, а вместе с ним и горной породы, частью которой он является, могут быть получены путем измерения количества гелия и свинца в породе и сравнения их с количеством урана в том же объеме материала. Но, поскольку гелий - это газ, вполне вероятно, что определенная его часть вытекает наружу, и, следовательно, оценку возраста на основе того, как долго гелий находился в контакте с ураном и свинцом, следует рассматривать как минимальную оценку. Например, возраст минерала ториянита, который в изобилии встречается в песках и гравии Цейлона, оценивается в 280 000 000 лет, но минерал, несомненно, намного старше, поскольку с тех пор, как он был оторван от своего первоначального источника в пегматитовых дайках Цейлона, он подвергался воздействию атмосферных воздействий, и поэтому было весьма вероятно, что за все эти годы определенный процент содержащегося в нем гелия утек.

Но оценки, основанные на соотношении свинца в радиоактивных минералах, дают результаты, согласующиеся между собой. То есть всякий раз, когда исследуются свежие первичные ураносодержащие минералы одного и того же геологического возраста, всегда обнаруживается, что содержание свинца остается постоянным. Значение соотношений увеличивается или уменьшается по мере увеличения или уменьшения геологического возраста соответствующего минерала. Другими словами, соотношения свинца соответствуют геологическому возрасту.

Процедуру применения соотношения свинца при расчете геологического времени можно кратко изложить следующим образом: скорость производства свинца из урана может быть легко рассчитана. Скорость, с которой образуется гелий, точно известна, и количество свинца, выделяющегося за то же время, примерно в 6,5 раз превышает количество гелия. За год из одного грамма урана получается $1,25 \times 10^{-10}$ грамма свинца, и с такой скоростью для производства одного грамма свинца потребуется 8000[2] миллионов лет.

[2] Более поздние и точные вычисления сокращают эти 8000 миллионов лет до 7500 миллионов лет.

Применение этого метода для измерения геологического времени не представляет серьезных трудностей, за исключением того, что необходимо определить, имеет ли свинец радиоактивное происхождение или это исходный свинец. Присутствие исходного свинца, вероятно, нарушит постоянство соотношения свинца, необходимого для получения точных результатов. Но обычный свинец не следует путать со свинцовым ураном, поскольку атомный вес обычного свинца равен 207,1, а атомный вес свинцового урана равен 206,2. Значения между этими двумя цифрами означают смесь двух типов свинца. Для надежных расчетов необходимо исследовать серию свежих первичных минералов одного и того же геологического возраста с постоянным содержанием свинца при атомном весе 206,2.

В следующей таблице показано геологическое время, прошедшее между первыми признаками жизни и настоящим, рассчитанное Барреллом на основе радиоактивных данных. Цифры представляют собой его минимальные и максимальные оценки. Из цифр в таблице видно, что самой ранней жизни, о которой у нас есть ископаемые записи, около 1 500 000 000 лет. Из этого можно с уверенностью сделать вывод, что зарождение жизни на земле, должно быть, произошло гораздо раньше. Весьма существенно, что каждая геологическая эра, иногда геологический период, имеет свою характерную группировку жизни, развившуюся из жизни предыдущих периодов. По мере того как мы поднимаемся все выше по геологической лестнице, жизнь становится все более сложной и специализированной. От одноклеточной жизни археозоя она проходит через беспозвоночных—рыб—амфибий—рептилий—птиц и млекопитающих к человеку Недавнего времени.

После публикации Барреллом оценок геологического времени, измеренных с помощью радиоактивности, были проведены некоторые дальнейшие исследования в том же направлении, но, поскольку никакие общепринятые результаты не показали каких-либо заметных отличий от результатов Баррелла, было сочтено целесообразным использовать его возрастные данные в качестве, возможно, наиболее адекватного на данный момент руководства относительно продолжительности геологических периодов.

Хотя измеряемые силы радиоактивной активности дают в целом на удивление удовлетворительную временную шкалу и, несомненно, являются более точными, чем любой из обсуждаемых здесь методов, не следует считать, что приведенные возрасты (стр. 11) являются абсолютными. Знание геологического времени имеет большее значение для сравнительной, чем для абсолютной значимости полученных результатов. Точно так же, как изучение астрономии дает нам представление о необъятности пространства, изучение геологии открывает нам представление о необъятности времени.

Шарат К. Рой.

БРОШЮРА 9. ТАБЛИЦА III.



1



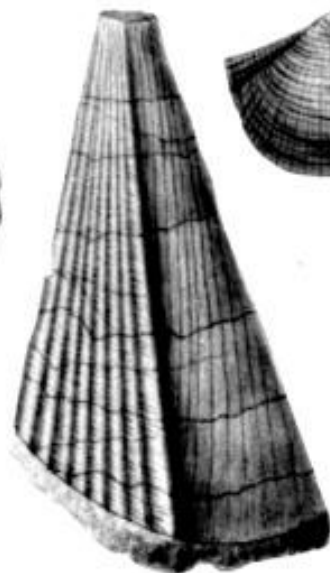
2



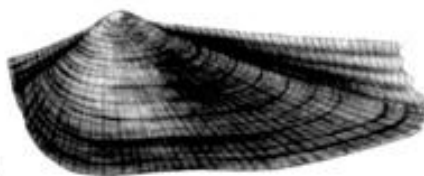
3



4



5



6



7



8



9

“БЕССМЕРТНЫЕ” ТИПЫ.

1, ЯЗЫЧОК. 2, ЧЕРЕП. 3, ТЕРЕБРАТУЛА. 4, ПЕКТЕН. 5, УШНАЯ РАКОВИНА.
6, АРКА. 7, ПЛЕВРОТОМАРИЯ. 8, НАТИКА. 9, ВЕРТЕЛ.

(Рис. 1, 2, 7, после Холла, 3, 9, после Циттеля, 4, 6, после Далла, 5, п. Н.Дж. I, 8, после Крэгина).

Рисунки Карла Ф. Гронеманна.

ТАБЛИЦА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

1,0 = Один миллион лет

ЭПОХА	ПЕРИОДОВ	ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЫ (После Баррелла)		ХАРАКТЕРНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ
		Минимума	Максимальная	
PSYCHOZOIC КАЙНОЗОЙСКИЙ	последние	1	1.5	Возраст человека
	плейстоцен			
	плиоцен	7	9	Возраст
	Миоцен	19	23	млекопитающих
	Олигоцен	35	39	и современных
МЕЗОЗОЙСКИЙ	Эоцен	55	65	цветковых растений
	меловой период	95	115	Эпоха рептилий
	команчский период	120	150	
	юрский период	155	195	
	Триасовый	190	240	
ПАЛЕОЗОЙСКИЙ	пермский	215	280	Возраст амфибий
	Пенсильванский	250	330	и древней флоры
	миссисипский	300	370	Возраст рыб
	Девонский	350	420	
	силурийский	390	460	Возраст высших
ПРОТЕРОЗОЙСКАЯ	ордовик	480	590	панцирных
	кембрийский	550	700	беспозвоночных
	систематическая классификация переменная	925		Возраст примитивных беспозвоночных
		Длительный эрозионный интервал		
	АРХЕОЗОЙ	1500		Сообщается о зарождении одноклеточной жизни,

ЭПОХА	ПЕРИОДОВ	ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЫ (После Баррелла)		ХАРАКТЕРНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ водорослевых формах
		Минимума	Максимальная	

БИБЛИОГРАФИЯ

Баррелл, Дж. —Ритмы и измерения геологического времени.
Булл. Геол. соц. Ам., Том 28, 1917, с. 745-904.

Беккер, Гео. Э.—Возраст Земли.
Смитсоновский институт Разное. Сборник, LVI., № 6, 1910.

Чемберлен, Т. К. Диастрофизм и процессы формирования, XIII.
Время, на которое распространялся сбор планетезималей.
Журнал. Геол., Вып. XXVIII, 1920, стр. 675-81.

Харкер А.—Геология в связи с точными науками, с экскурсом в геологическое время.
Природа, Том 95, 1915, стр. 105-109.

Холмс, А.—Возраст Земли.
Харпер и Братья, Лондон и Нью-Йорк, 1913 год.

Джоли, Дж.—Радиоактивность и геология.
Ван Ностранд, Нью-Йорк, 1909;

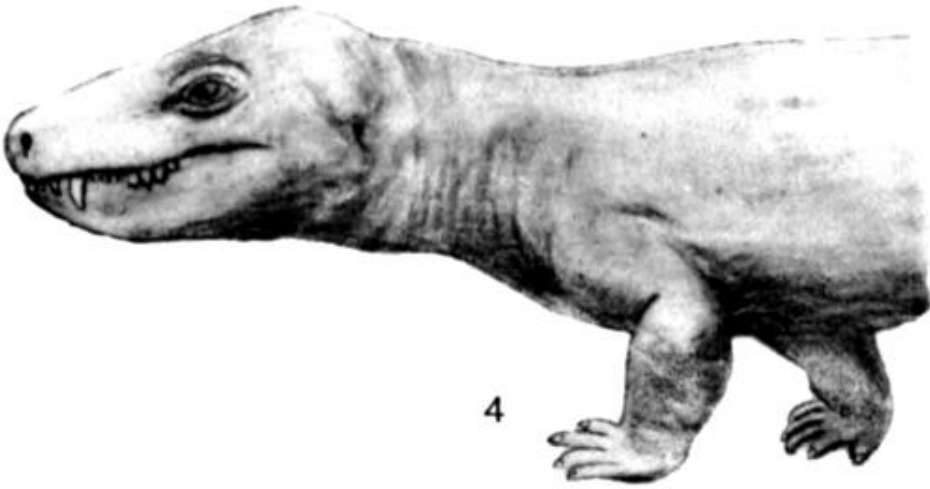
Оценка геологического возраста Земли.
Пер. Roy. Soc. Дублин, VII. 1899, стр. 23-66;

Возраст Земли. Фил. Маг., 6-я сер.,
том. XXII, 1911, стр. 359-80.

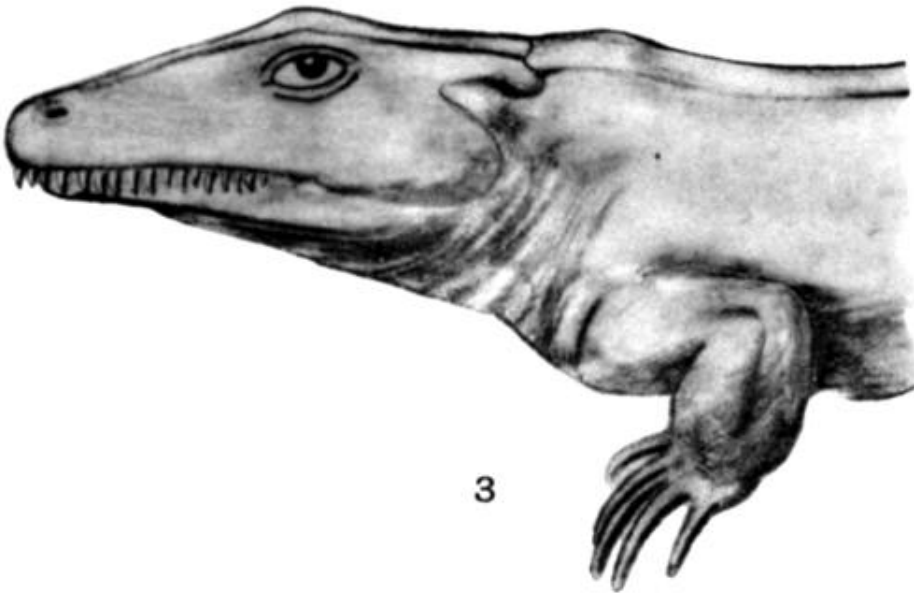
Соллас, У. Дж. —Обращение президента.
Кварта. Journ. Геол. Соц., Т. 65, 1909, с. cxii;
Прос. Геол. соц. из Лондона, сессия 1908-9, стр. i-cxxii.

Уолкотт, К. Д. Геологическое время, указанное осадочными породами Северной Америки.
Представитель Смитсоновского института, 1893, стр. 301-334;
Журнал. Геол. Вып. III, 1893, стр. 639-674.

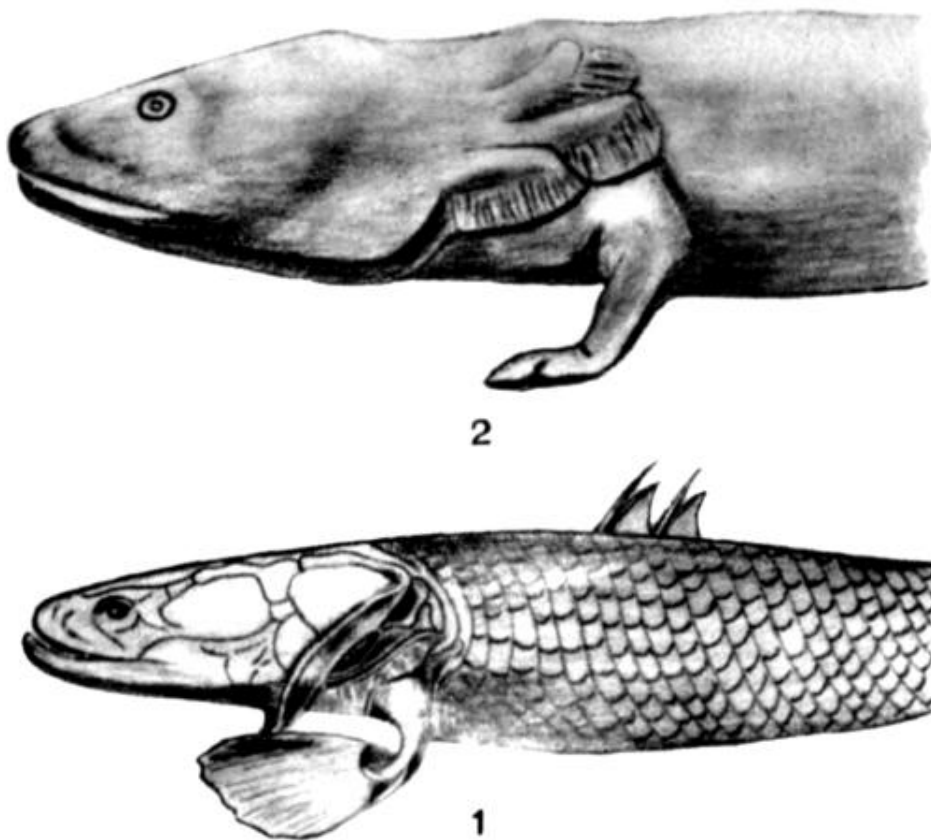
БРОШЮРА 9. ТАБЛИЦА IV.



4



3



ЭВОЛЮЦИЯ РЫБЫ В МЛЕКОПИТАЮЩУЮ РЕПТИЛИЮ.

1, РЫБА. 2, АМФИБИЯ. 3, РЕПТИЛИЯ. 4, МЛЕКОПИТАЮЩАЯ РЕПТИЛИЯ.

(Рис. 1, 2 - по Клаачу, 3 - по Уиллистону, 4 - по Грегори).

Рисунки Шарата К. Роя.

НАПЕЧАТАНО В СОЕДИНЕННЫХ ШТАТАХ АМЕРИКИ
ИЗДАТЕЛЬСТВОМ FIELD MUSEUM PRESS

Примечания переписчика:

Иллюстрации были перемещены таким образом, чтобы они не разделяли абзацы и располагались рядом с текстом, который они иллюстрируют.

Типографские и пунктуационные ошибки были исправлены автоматически.